

**SIPO**

STATE INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE OF THE P.R.C

[HOME](#)[ABOUT SIPO](#)[NEWS](#)[LAW& POLICY](#)[SPECIAL TOPIC](#)[CHINA IP NEWS](#)[>>\[Patent Search\]](#)

Title: Apparatus and method for calibrating array antenna			
Application Number:	02142694	Application Date:	2002. 09. 17
Publication Number:	1406088	Publication Date:	2003. 03. 26
Approval Pub. Date:		Granted Pub. Date:	2006. 01. 18
International Classification:	H04Q7/30, H01Q3/26, G01S7/02, H04B7/26		
Applicant(s) Name:	NEC Corp.		
Address:			
Inventor(s) Name:			
Attorney & Agent:	zhu jingui		

[Close](#)

Copyright © 2007 SIPO. All Rights Reserved

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04Q 7/30 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

G01S 7/02 (2006.01)

H04B 7/26 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02142694.5

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1237828C

[22] 申请日 2002.9.17 [21] 申请号 02142694.5

[30] 优先权

[32] 2001.9.17 [33] JP [31] 281662/2001

[71] 专利权人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 平部正司

审查员 陈 军

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限公司

代理人 朱进桂

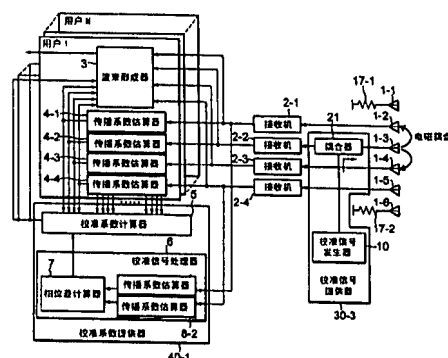
权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 6 页

[54] 发明名称

用于校准阵列天线的装置和方法

[57] 摘要

本发明的装置包括：在所述天线元件中用于校准的多个第一天线元件；校准信号提供器，用来将校准信号提供给邻近至少两个第一天线元件的第二天线元件，或者供给到连接到所述的第一天线元件上的耦合器；一种部件，用来获得在基于多个天线元件接收的校准信号的天线元件和通过天线元件分别接收的用户信号之间的相对相位波动；校准系数提供器，用来获得在基于至少第一天线元件接收的校准信号的阵列天线的天线元件和通过天线元件分别接收的用户信号之间的相对振幅波动；且波束形成装置，以校准通过天线元件分别接收的用户信号，而天线元件使用了相对相位波动和相对振幅波动。



1. 一种用于有多个天线元件的阵列天线的校准装置，包括：

5 在所述天线元件中用于校准的多个第一天线元件；

校准信号提供器，用来把校准信号供给到邻近所述阵列天线的至少两个所述的第一天线元件的第二个天线元件，或者供给到连接到所述的第一天线元件上的耦合器；

10 校准系数提供器，根据所述至少两个第一天线元件接收的校准信号和所述的阵列天线的所述天线元件分别接收的用户信号，获得所述阵列天线的所述天线元件之间的相对振幅波动和相对相位波动；且

波束形成装置，使用所述相对相位波动和所述相对振幅波动，校准通过所述阵列天线的所述天线元件分别接收的所述用户信号。

2. 根据权利要求 1 所述的校准装置，其特征在于所述校准系数提供器包括：

用于根据由每一个所述的第一天线元件接收的所述校准信号，获得有关每一个所述的第一天线元件的所述校准信号的传播系数的装置；

用于基于所述的传播系数，获得有关所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的第一个相位差的装置；

20 用于根据所述传播系数的所述相位差，用来获得有关所述的第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的所述相位差的平均值的装置；

根据所述的用户信号，用来获得有关所述用户信号的传播系数的平均值的装置，所述的用户信号用于所述的阵列天线的每一个所述的天线元件；

25 根据所述相位差的平均值和所述用户信号的传播系数的平均值，用来获得由到达路径长度差引起的所述天线元件之间的相位差的装置；

根据有关用于每个所述阵列天线的天线元件的用户信号的传播系数的平均值，及有关用于每个所述的第一天线元件的所述校准信号的传播系数的相位差的所述平均值，及由到达路径长度差引起的所述天线元件

之间的所述相位差，用来获得每一个所述天线元件的相对相位波动的第一时间均值的装置，其中所述天线元件是有关作为参考的所述的第一天线元件其中之一的；以及

5 根据有关在所述第一天线元件之间的所述校准信号的传播系数的相位差，用来获得第一阵列天线的相对相位波动的第二个时间均值的装置，其中所述的第一天线元件没有用做参考。

3. 根据权利要求 1 所述的校准装置，其特征在于所述校准系数提供器包括：

10 根据由每一个所述的第一天线元件接收的所述校准信号，用来获得有关所述校准信号的传播系数的装置，其中该所述校准信号用于每一个所述的第一天线元件；

根据有关所述校准信号的所述校准系数，用来获得有关在所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的相位差的装置；

15 根据所述传播系数的所述相位差，用来获得有关在所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的所述的相位差的平均值的装置；

用来获得有关用于每个所述阵列天线的天线元件的所述的用户信号的传播系数的平均值的装置；

20 根据所述校准信号的传播系数的所述相位差的所述平均值及所述用户信号的传播系数的所述平均值，用来获得由到达路径长度差引起的所述天线元件之间的相位差的装置；且

根据所述用户信号的传播系数的平均值，用来获得用于每一个所述阵列天线的所述天线元件的相对振幅波动的时间均值的装置，其中所述天线元件是有关所述阵列天线的所述天线元件的其中之一。

25 4. 一种阵列天线校准方法，包括步骤有：

将校准信号供给到邻近所述阵列天线的至少两个第一天线元件的第二个天线元件，或者供给到连接到所述的第一天线元件上的耦合器；

30 根据所述至少两个第一天线元件接收的校准信号和通过所述阵列天线的天线元件分别接收的用户信号获得在所述阵列天线的天线元件之间的相对振幅波动和相对相位波动；且

使用所述相对相位波动和所述相对振幅波动，校准由所述阵列天线的所述天线元件分别接收的所述用户信号。

5. 根据权利要求 4 所述的阵列天线校准方法，其特征在于用来获得相对相位波动的步骤包括：

5 校准信号传播系数估算步骤，根据由每一个所述的第一天线元件接收的所述校准信号，用来获得每一个所述的第一天线元件有关的所述校准信号的传播系数；

10 校准信号相位差计算步骤，基于所述的传播系数，用来获得有关所述的所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的第一个相位差；

 相位差几何均值计算步骤，根据所述传播系数的所述相位差，用来获得有关所述的所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的所述相位差的平均值；

15 用户信号传播系数估算步骤，根据所述的用户信号，用来获得有关所述的阵列天线的每一个所述的天线元件的所述用户信号的传播系数的平均值；

 到达路径相位差计算步骤，根据所述相位差的平均值和所述用户信号的传播系数的平均值，用来获得由到达路径长度差引起的所述天线元件之间的相位差；

20 第一个相对相位波动计算步骤，根据有关用于每个所述阵列天线的天线元件的用户信号的传播系数的平均值，及有关用于每个所述的第一天线元件的所述校准信号的传播系数的相位差的所述平均值，及由到达路径长度差引起的所述天线元件之间的所述相位差，用来获得每一个所述天线元件的相对相位波动的第一个时间均值，所述天线元件是有关作为参考的所述的第一天线元件的其中之一；以及

25 第二个相对相位波动计算步骤，根据有关在所述第一天线元件之间的校准信号的所述传播系数的相位差，用来获得第一阵列天线的相对相位波动的第二个时间均值，所述的第一个天线元件没有用做参考。

30 6. 根据权利要求 4 所述的阵列天线校准方法，其特征在于用来获得相对振幅波动的步骤包括：

校准信号传播系数估算步骤，根据由每一个所述的第一天线元件接收的所述校准信号，用来获得有关每一个所述的第一天线元件的所述校准信号的传播系数；

- 5 校准信号相位差计算步骤，根据有关所述校准信号的所述校准系数，用来获得有关在所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的相位差；

相位差几何均值计算步骤，根据所述传播系数的所述相位差，用来获得有关在所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的所述相位差的平均值；

- 10 用户信号传播系数估算步骤，用来获得有关用于每个所述阵列天线的天线元件的所述用户信号的传播系数的平均值；

到达路径相位差计算步骤，根据所述校准信号的传播系数的所述相位差的所述平均值及所述用户信号的传播系数的所述平均值，用来获得由到达路径长度差引起的所述天线元件之间的相位差；且

- 15 相对振幅波动计算步骤，根据所述用户信号的传播系数的平均值，用来获得用于每一个所述阵列天线的所述天线元件的相对振幅波动的一个时间均值，所述天线元件是有关所述阵列天线的所述天线元件的其中之一。

用于校准阵列天线的装置和方法

5

技术领域

本发明涉及用于校准阵列天线的装置和方法。在数字波束形成装置中，为了形成精确的接收机波束，在形成的波束中，必须使分别提供给天线元件的接收机输出的振幅特性和相位特性相同。

10

背景技术

在日本专利申请公开出版的 No.2000-151255(校准阵列天线的装置和方法)与日本专利申请公开出版的 No.Hei 10-336149(阵列天线无线 CDMA 通信装置)中公开了一种阵列天线校准装置。常规阵列天线校准装置的一个例子的配置如图 5 所示。

15

在这个阵列天线校准装置中，在天线元件 801-2 到 801-5 和接收机 802-1 到 802-4 之间各自使用了耦合器 821-1 到 821-4，因此由校准信号发生器 810 产生的校准信号通过分频器 809 分开。所以分开的校准信号各自从耦合器 821-1 到 821-4 输入到接收机 802-1 到 802-4 中。

20

因此，通过接收机 802-1 到 802-4 接收的校准信号在校准信号处理器 806 的传播系数估算器 808-1 到 808-4 中经过了传播系数的估算，传播系数估算器输出传播系数到校准系数估算器 805 中。然后，校准系数估算器 805 根据传播系数计算校准系数，因此来自于接收机 802-1 到 802-4 的信号的振幅和相位可能是分别相等的。由此获得的校准系数输入到每个用户的数字波束形成装置 803 中，且数字波束形成装置 803 根据校准系数校正

25

分别来自接收机 802-1 到 802-4 的输出信号。

在这种常规的校准装置中，校准信号没有通过天线元件 801-2 到 801-5，也没有连接在它们与耦合器 821-1 到 821-4 之间。因此它不能校正由这些元件引起的在特性中的波动，这是一个问题。此外，在常规的校准装置中，当校准信号输入到接收机 802-1 到 802-4 中时，每个接收机的振幅与

30

相位两者必须相等。这种必须的要求引起了问题，即分频器 809 和耦合器 821-1 到 821-4 必须有高度精确和高度稳定的性能。

为了解决这些问题，已经公开了如图 6 中所示的常规方法，这种常规的方法在日本专利申请公开出版的 No.2000-295152(阵列天线无线电通讯装置)。通过这种校准方法，校准信号发生器 810 安装在对于基站的阵列天线来说没有障碍的地方，以使校准信号从那里传输到基站的阵列天线。通过这种校准方法，校准信号通过天线元件 801-2 到 801-5 和接收机 802-1 到 802-4 接收以校准。校准信号可以从天线元件 801-2 到 801-5 中通到接收机 802-1 到 802-4 中，用以校准。然而，这种方法有一个问题，即校准信号发生器必须安装在基站没有障碍的范围内。此外，有另一个问题，即该方法必须要知道在基站和信号发生器之间的精确位置关系。

发明内容

综上，本发明的目的是提供一种阵列天线校准装置和方法，它可以考虑从天线元件变化到接收机的传播系数的特性，且排除了必须知道基站和信号发生器之间的位置关系这种需求。

本发明提供了新的校准装置和方法，可校准用于基站的线性阵列天线的接收特性。参考图 1 描述本发明装置的配置。

本发明的阵列天线校准装置包括，多个组成阵列天线的天线元件 1-2 到 1-5，分别连接到所述天线元件上的接收机 2-1 到 2-4，传播系数估算器 4-1 到 4-4 估算分别从接收机 2-1 到 2-4 输出的用户信号的传播系数，发送校准信号给所述阵列天线的天线元件 1-1 到 1-6，从所述天线元件 1-1 到 1-6 传输等振幅/等相位校准信号的校准信号提供器 30-1，校准系数提供器 40，它有助于在所述阵列天线和所述天线元件之间获得相对相位波动和相对振幅波动的装置，以及数字波束形成装置 3，它根据所述相对相位波动和所述相对振幅波动，校准通过所述阵列天线的每个所述天线元件接收的所述用户信号。

此外，校准信号提供器 30-1 有校准信号发生器 10 和分频器 9，用于传输等振幅/等相位校准信号，用来给分别加到阵列天线两端的的天线元件

1-1 和 1-6 提供校准信号，所以连接到天线元件 1-2 到 1-5 上的接收机 2-1 到 2-4 的输出相位特性和振幅特性可以一致。

此外，校准系数提供器 40-1 包括，校准信号处理器 6，处理通过在接收机 2-1 到 2-4 分别连接的阵列天线两端的的天线元件 1-2 到 1-5 接收的校准信号，以及校准系数计算器 5，使用从校准信号处理器 6 发送的校准信号相位差的信息和从每个用户的传输路径估算器 4-1 到 4-4 发送的传输路径估算值计算校正系数。在这种配置中，校准系数提供器 40-1 根据天线元件接收的校准信号和阵列天线的每个天线元件接收的用户信号获得阵列天线的天线元件之间的相对振幅波动和相对相位波动，从而，发送校正系数到波束形成器 3。

下面将描述本发明的校准方法。由于在天线元件之间的电磁耦合，从天线元件 1-1 和 1-6 传输的校准信号由接收机 2-1 到 2-4 通过天线元件 1-2 到 1-5 分别接收。由接收机 2-1 到 2-4 接收的校准信号分别发送给校准信号处理器 6 的传播系数估算器 8-1 到 8-2，以估算它们各自的传播系数。

校准信号处理器 6 的相位差计算器 7 使用合成的传播系数计算在接收机 2-1 到 2-4 输出端之间的相位差，接着发送给校准系数计算器 5。

此外，用户信号通过天线元件 1-2 到 1-5 和接收机 2-1 到 2-4 按顺序接收，并发送给传播系数估算器 4-1 到 4-4，在此估算在天线元件接收的这些用户信号的传播系数并输出作为传播系数。因此，获得的传播估算值发送给用来形成用户特定的波束的波束形成装置 3，且也发送给校准系数计算器 5。

校准系数计算器 5 然后使用在校准信号和在每一个天线元件的用户特定的传播系数之间的相位差，因此计算出用于每个接收机 2-1 到 2-4 的输出校准系数。在计算校准系数中，不是必须使用所有用户的传播系数，但是它们可以选做任意数的数量。此外，校准系数计算器 5 获得的校准系数随后发送给每个用户的数字波束形成装置 3，使用数字波束形成装置 3 是为了校正用于波束信息的从每个接收机 2-1 到 2-4 接收的信号输出。

如上所述，本发明的特征是使用接收的用户信号和通过内部天线元件耦合提供的校准信号，以使接收机的振幅和相位特性一致，进行天线校准。本发明提供了一种阵列天线校准装置，包括：

在所述天线元件中用于校准的多个第一天线元件；

校准信号提供器，用于把校准信号供给到邻近所述阵列天线的至少两个所述的第一天线元件的第二天线元件，或者把校准信号供给连接到所述的第一天线元件上的耦合器；

- 5 校准系数提供器，根据所述至少两个第一天线元件接收的校准信号和所述阵列天线的所述天线元件分别接收的用户信号，获得所述阵列天线的所述天线元件之间的相对振幅波动和相对相位波动；且

波束形成装置，使用所述相对相位波动和所述相对振幅波动，校准通过所述阵列天线的所述天线元件分别接收的所述用户信号。

- 10 用来获得相对相位波动的所述装置，包括：

装置，根据由每一个所述的第一天线元件接收的所述校准信号，用来获得与所述校准信号相关的传播系数，该所述校准信号用于每一个所述的第一天线元件；

- 15 装置，基于所述的传播系数，用来获得所述第一天线元件之间的有关所述校准信号的所述传播系数的第一相位差；

装置，根据所述传播系数的所述相位差，用来获得所述第一天线元件之间的有关所述校准信号的所述传播系数的所述相位差的平均值；

- 20 装置，根据所述的用户信号，用来获得关于所述用户信号的传播系数的平均值，所述的用户信号用于所述的阵列天线的每一个所述的天线元件；

装置，根据所述相位差的平均值和所述传播系数的平均值，用来获得由到达路径长度差引起的所述天线元件之间的相位差；

- 25 装置，根据关于用于每个所述阵列天线的所述天线元件的所述传播系数的所述平均值，及关于用于每个所述的第一天线元件的所述用户信号的所述传播系数的所述平均值，及由到达路径长度差引起的所述天线元件之间的所述相位差，用来获得每一个所述天线元件的相对相位波动的第一时间均值，所述天线元件是关于作为参考的所述的第一天线元件其中之一的；以及

装置，根据关于在所述第一天线元件之间的所述传播系数的相位差，用来获得所述第一天线相对相位波动的第二个时间均值，所述的第一天线没有用做参考。

用来获得相对振幅波动的所述装置，包括：

- 5 装置，根据由每一个所述的第一天线元件接收的所述校准信号，用来获得有关所述校准信号的传播系数，该所述校准信号用于每一个所述的第一天线元件；

装置，根据有关所述校准信号的所述传播系数，用来获得有关在所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的相位差；

- 10 装置，根据所述传播系数的所述相位差，用来获得有关在所述第一天线元件之间的所述校准信号的所述传播系数的所述的相位差的平均值；

装置，用来获得有关用于每个所述阵列天线的天线元件的所述的用户信号的所述传播系数的平均值；

- 15 装置，根据所述传播系数的所述相位差的所述平均值及所述传播系数的所述平均值，用来获得由到达路径长度差引起的所述天线元件之间的相位差；且

装置，根据所述传播系数的平均值，用来获得用于每一个所述阵列天线的所述天线元件的相对振幅波动的时间均值，所述阵列天线是关于所述阵列天线的所述天线元件的其中之一。

20

附图说明

图 1 是根据本发明显示阵列天线校准装置配置的框图；

图 2 是根据本发明的第一个实施例显示阵列天线校准装置配置的框图；

- 25 图 3 是根据本发明的第二个实施例显示阵列天线校准装置配置的框图；

图 4 是根据本发明的第三个实施例显示阵列天线校准装置配置的框图；

图 5 是根据常规例显示阵列天线校准装置配置的框图；

- 30 图 6 是根据另一个常规例显示阵列天线校准装置配置的框图；

具体实施方式

下面参考图 2 描述本发明第一个实施例。图 2 所示的是使用 CDMA 通信系统的线性阵列天线的基站配置。在本实施例中，本发明如图 1 所示的基本阵列天线校准装置应用于 CDMA 通信基站。

本发明的阵列天线校准装置主要包括：

多个组成阵列天线的天线元件 1-2 到 1-5；

分别连接到所述天线元件上的接收机 2-1 到 2-4；

解扩器 19-1 到 19-4 从所述接收机 2-1 到 2-4 输出信号的一个用户路径提取到达的信号；

估算该解扩信号的传播系数的传播系数估算器 4-1 到 4-4；

发送校准信号给所述阵列天线的天线元件 1-1 到 1-6；

从所述天线元件 1-1 到 1-6 传输等振幅/等相位扩展校准信号的校准信号提供器 30-2；

校准系数提供器 40-2，它有助于在所述阵列天线的所述天线元件之间获得相对相位波动和相对振幅波动的装置；

数字波束形成装置 3，校准通过所述阵列天线的每个所述天线元件接收的用户信号，其中所述的阵列天线使用了相对相位波动和相对振幅波动；

此外，本实施例中所述的校准信号提供器 30-2 有校准信号发生器 10，扩展器 18，以及分频器 9，用来传输等振幅/等相位扩展校准信号，以给分别加到阵列天线两端的天线元件 1-1 和 1-6 提供扩展校准信号，以使连接到所述天线元件 1-2 到 1-5 上的所述接收机 2-1 到 2-4 的输出相位特性和振幅特性一致。

此外，本实施例中所述的校准系数提供器 40-2 包括，校准信号处理器 6，处理通过在接收机 2-1 到 2-4 分别连接的阵列天线两端的天线元件 1-2 到 1-5 接收的扩展校准信号，以及校准系数计算器 5，使用从所述校准信号处理器 6 发送的校准信号相位差的信息和从每个用户的所述的传播系数 4-1 到 4-4 发送的传播系数，计算校准系数。该校准信号处理器 6 有解

扩器 20-1 和 20-2、传播系数估算器 8-1 和 8-2、以及相位差计算器 7，以根据从接收机 2-1 到 2-4 中分别发出的两个扩展校准信号来计算相位差。

在本实施例的配置中，根据天线元件接收的扩展校准信号和每个天线元件接收的用户信号，校准系数提供器 40-2 可以获得阵列天线的天线元件之间的相对相位波动和相对振幅波动。结果是，校准系数提供器 40-2 可以发送给波束形成装置 3 合适的校准系数。

根据本发明的第一个实施例，下面将要顺序描述阵列天线校准装置的操作。

通过分别和天线元件 1-2 和 1-5 电磁耦合的接收机 2-1 和 2-4，接收以等振幅/等相位方式从天线元件 1-1 和 1-6 中传输的校准信号。由于天线元件 1-2 和 1-5 的波动特性，接收机 2-1 和 2-4 的波动特性，分别连接到天线元件 1-2 和 1-5 及接收机 2-1 和 2-4 上电缆的波动特性，接收机 2-1 和 2-4 的输出产生了振幅和相位中的波动并且是按时间顺序的。假设校准信号的数量是一，如下给出各个接收机 2-1 和 2-4 的输出信号 $X_{\text{cal1}}(t)$ 和 $X_{\text{cal4}}(t)$ ：

$$X_{\text{cal1}}(t) = A_1(t) \exp(j \cdot \omega \cdot t + j \cdot \phi_1(t)) \quad (1)$$

$$X_{\text{cal4}}(t) = A_4(t) \exp(j \cdot \omega \cdot t + j \cdot \phi_4(t)) \quad (2)$$

其中 $A_1(t)$ 和 $A_4(t)$ 表示接收机 2-1 和 2-4 的各个振幅波动，以及 $\phi_1(t)$ 和 $\phi_4(t)$ 表示相位波动。

分别从接收机 2-1 和 2-4 中输出的校准信号由校准信号处理器 6 的解扩器 20-1 和 20-2 解扩，然后发送给传播系数估算器 8-1 和 8-2，以估算这里的传播系数，因此计算出传播系数（校准信号传播系数估算步骤）。如下给出传播系数 $h_{\text{cal1}}(t)$ 和 $h_{\text{cal4}}(t)$ ：

$$h_{\text{cal1}}(t) = A_1(t) \exp(j \cdot \phi_1(t)) \quad (3)$$

$$h_{\text{cal4}}(t) = A_4(t) \exp(j \cdot \phi_4(t)) \quad (4)$$

校准信号处理器 6 的相位差计算器 7 使用这些传播系数 $h_{cal1}(t)$ 和 $h_{cal4}(t)$ 以计算在接收机 2-1 和 2-4 输出之间的相位差 $\delta h_{cal}(t)$ ，然后将其发送给校准系数计算器 5（校准信号相位差计算步骤）。传播系数的相位差 $\delta h_{cal}(t)$ 可从下式获得：

5

$$\delta h_{cal}(t) = \frac{h_{cal1}(t) \cdot h_{cal4}^*(t)}{|h_{cal1}(t) \cdot h_{cal4}^*(t)|} = \frac{A_1(t) \exp(j \cdot \varphi_1(t)) \cdot A_4(t) \exp(-j \cdot \varphi_4(t))}{|A_1(t) \exp(j \cdot \varphi_1(t)) \cdot A_4(t) \exp(-j \cdot \varphi_4(t))|} = \exp\{j \cdot (\varphi_1(t) - \varphi_4(t))\} \quad (5)$$

其中，*表示共轭复数号。

10 从接收机 2-1 到 2-4 输出的每个信号由解扩器 19-1 到 19-4 为每个用户和路径分成多个分离的分量，所以对于每个用户和路径，传播系数估算器 4-1 到 4-4 估算传播系数，因此计算传播系数（用户信号传播系数估算步骤）。在此例中给出在时刻 t ，从用户 k 的路径 1 发送的信号的传播系数 $h_1(k, l, t)$ ， $h_2(k, l, t)$ ， $h_3(k, l, t)$ ， $h_4(k, l, t)$ 如下：

15

$$h_1(k, l, t) = A(k, l, t) \cdot \exp(j \cdot \varphi_1(t)) \quad (6)$$

$$h_2(k, l, t) = A(k, l, t) \cdot \exp\{j \cdot \beta \cdot d \cdot \sin(\theta(k, l, t))\} \cdot A_2(t) \cdot \exp(j \cdot \varphi_2(t)) \quad (7)$$

$$20 \quad h_3(k, l, t) = A(k, l, t) \cdot \exp\{j \cdot 2 \cdot \beta \cdot d \cdot \sin(\theta(k, l, t))\} \cdot A_3(t) \cdot \exp(j \cdot \varphi_3(t)) \quad (8)$$

$$h_4(k, l, t) = A(k, l, t) \cdot \exp\{j \cdot 3 \cdot \beta \cdot d \cdot \sin(\theta(k, l, t))\} \cdot A_4(t) \cdot \exp(j \cdot \varphi_4(t)) \quad (9)$$

25 其中， $A_1(t)$ $A_2(t)$ $A_3(t)$ 和 $A_4(t)$ 分别表示接收机 2-1 到 2-4 的振幅波动，以及 $\varphi_1(t)$ ， $\varphi_2(t)$ ， $\varphi_3(t)$ 和 $\varphi_4(t)$ 表示表示接收机 2-1 到 2-4 的相位波动。此外， $A(k, l, t)$ 表示在采样时刻 t ，通过路径 1 的用户 k 的振幅， $\theta(k, l, t)$ 表示到达方向， β 表示空闲空间传播常量（ $2\pi/\lambda$ ），以及 d 表示中间天线元件的间隔。

30 下一步，估算出的传播系数 $h_1(k, l, t)$ ， $h_2(k, l, t)$ ， $h_3(k, l, t)$ 和 $h_4(k, l, t)$ 发送给校准系数计算器 5。

校准系数计算器 5 有执行下列步骤的功能以获得在阵列天线的天线元件之间的相对相位波动和相对振幅波动，以计算校准系数，形成每个用户信号的波束。该功能由下列的方程式来进行解释。

校准系数计算器 5 通过使用校准信号的相位差 $\delta h_{cal}(t)$ 和用于每个用户
5 通过每个路径的各个天线元件的传播系数 $h_1(k,l,t)$ ， $h_2(k,l,t)$ ， $h_3(k,l,t)$ 和
 $h_4(k,l,t)$ ，来计算用于接收机 2-1 到 2-4 的每一个输出端的校准系数。虽然
可以选出传播系数的任一数量并用于计算，在此例中，选择和使用 T 个传
播系数采样，用于 K 个用户通过 L 个路径。

第一步，校准系数计算器 5 为各个天线元件计算用户用过路径的传播
10 系数采样的几何均值 H_1 ， H_2 ， H_3 ，和 H_4 。

$$H_1 = \kappa \sqrt{\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L \prod_{t=1}^T h_1(k, l, t)} = \kappa \sqrt{\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L \prod_{t=1}^T A(k, l, t) \cdot A_1(t)} \cdot \exp\left\{j \cdot \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varphi_1(t)\right\} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} H_2 &= \kappa \sqrt{\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L \prod_{t=1}^T h_2(k, l, t)} \\ &= \kappa \sqrt{\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L \prod_{t=1}^T A(k, l, t) \cdot A_2(t)} \cdot \exp\left\{j \cdot \frac{\beta \cdot d}{K \cdot L \cdot T} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \sin(\theta(k, l, t)) + j \cdot \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varphi_2(t)\right\} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} H_3 &= \kappa \sqrt{\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L \prod_{t=1}^T h_3(k, l, t)} \\ &= \kappa \sqrt{\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L \prod_{t=1}^T A(k, l, t) \cdot A_3(t)} \cdot \exp\left\{j \cdot \frac{2 \cdot \beta \cdot d}{K \cdot L \cdot T} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \sin(\theta(k, l, t)) + j \cdot \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varphi_3(t)\right\} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} H_4 &= \kappa \sqrt{\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L \prod_{t=1}^T h_4(k, l, t)} \\ &= \kappa \sqrt{\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L \prod_{t=1}^T A(k, l, t) \cdot A_4(t)} \cdot \exp\left\{j \cdot \frac{3 \cdot \beta \cdot d}{K \cdot L \cdot T} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \sin(\theta(k, l, t)) + j \cdot \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varphi_4(t)\right\} \end{aligned} \quad (13)$$

下一步，校准系数计算器 5 计算在校准信号（相位差几何平均值计算步骤）之间的相位差的几何均值 ΔH_{cal} ，如下式：

$$\Delta H_{cal} = \sqrt[T]{\prod_{i=1}^T \delta h_{cal}(t)} = \exp \left\{ j \cdot \sum_{i=1}^T (\varphi_1(t) - \varphi_4(t)) \right\} \quad (14)$$

5 下一步，校准系数计算器 5 使用方程式（10），（13），和（14）的值，以获得由到达路径的长度差引起的天线元件之间的相位差 ΔW ，如下式（到达路径相位差计算步骤）：

$$\Delta W = \sqrt[3]{\frac{H_1 \cdot H_4^*}{|H_1 \cdot H_4^*|}} \cdot \Delta H_{cal} = \exp \left\{ j \cdot \frac{\beta \cdot d}{K \cdot L \cdot T} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^T \sin(\theta(k, l, t)) \right\} \quad (15)$$

10

下一步，校准系数计算器 5 使用方程式（15）的值，以获得在天线元件 1-3 和 1-4 的接收机输出的相对相位波动（关于天线元件 1-2）的时间平均值 ΔW_{φ_2} 和 ΔW_{φ_3} ，其公式如下（第一个相对相位波动计算步骤）：

15

$$\Delta W_{\varphi_2} = \frac{H_1 \cdot H_2^*}{|H_1 \cdot H_2^*|} \cdot \Delta W = \exp \left\{ j \cdot \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\varphi_1(t) - \varphi_2(t)) \right\} \quad (16)$$

$$20 \quad \Delta W_{\varphi_3} = \frac{H_1 \cdot H_3^*}{|H_1 \cdot H_3^*|} \cdot \Delta W = \exp \left\{ j \cdot \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\varphi_1(t) - \varphi_3(t)) \right\} \quad (17)$$

此外，校准系数计算器 5 使用校准信号以获得在天线元件 1-5 的接收机输出的相对相位的时间平均值 ΔW_{φ_4} ，其公式如下（第二个相对相位波动计算步骤）：

25

$$\Delta W_{\varphi_4} = \Delta H_{cal} = \exp \left\{ j \cdot \sum_{i=1}^T (\varphi_1(t) - \varphi_4(t)) \right\} \quad (18)$$

下一步，校准系数计算器 5 使用几何平均值 H1 到 H4，以获得在接收机输出（关于天线元件 1-2）的相对振幅的时间平均值 ΔA_2 ， ΔA_3 和 ΔA_4 ，其表示如下：

$$5 \quad \Delta A_2 = \left| \frac{H_1}{H_2} \right| = \sqrt{\prod_{i=1}^T \frac{A_1(t)}{A_2(t)}} \quad (19)$$

$$\Delta A_3 = \left| \frac{H_1}{H_3} \right| = \sqrt{\prod_{i=1}^T \frac{A_1(t)}{A_3(t)}} \quad (20)$$

$$10 \quad \Delta A_4 = \left| \frac{H_1}{H_4} \right| = \sqrt{\prod_{i=1}^T \frac{A_1(t)}{A_4(t)}} \quad (21)$$

校准系数计算器 5，因此，获得接收机 2-1 到 2-4 的各个输出的校准系数 ΔW_1 ， ΔW_2 ， ΔW_3 ， ΔW_4 其公式如下（校准系数计算步骤）：

$$\Delta W_1 = 1 \quad (22)$$

$$15 \quad \Delta W_2 = \Delta A_2 \cdot \Delta W_{\varphi 2} \quad (23)$$

$$\Delta W_3 = \Delta A_3 \cdot \Delta W_{\varphi 3} \quad (24)$$

$$20 \quad \Delta W_4 = \Delta A_4 \cdot \Delta W_{\varphi 4} \quad (25)$$

此外，通过有效的选择比接收机 2-1 到 2-4 的特性波动时间短得多的平均时间 T，方程式（16）-（18）和（19）-（31）分别变形为下列方程式（26）-（28）和（29）-（31）：

$$25 \quad \Delta W_{\varphi 2} \approx \exp(\varphi_1(t) - \varphi_2(t)) \quad (26)$$

$$\Delta W_{\varphi 3} \approx \exp(\varphi_1(t) - \varphi_3(t)) \quad (27)$$

$$\Delta W_{\varphi_4} \approx \exp(\varphi_1(t) - \varphi_4(t)) \quad (28)$$

$$\Delta A_2 \approx \frac{A_1(t)}{A_2(t)} \quad (29)$$

5

$$\Delta A_3 \approx \frac{A_1(t)}{A_3(t)} \quad (30)$$

$$\Delta A_4 \approx \frac{A_1(t)}{A_4(t)} \quad (31)$$

10 因此获得的方程式 (26) - (28) 和 (29) - (31) 表示有关接收机 2-1 的各个接收机 2-1 到 2-4 的相对相位特性和相对振幅特性, 表明了在接受机输出的特性波动可以通过使用方程式 (22) - (25) 作为校准系数来得以一致。

15 因此, 由校准系数计算器 5 获得的校准系数可以通过每个路径发送到每个用户的波束形成装置中, 因而校准系数可以在波束形成装置端通过用于每个用户的每个路径, 应用于每个接收机 2-1 到 2-5 的一个输出信号, 因此除去每个接收机 2-1 到 2-4 的振幅和相位波动。结果是, 获得正确的波束形成是可能的。

20 虽然本发明的功能已经沿着方程式序列描述, 当然, 一些方程式是可以统一的, 所以它们的值在实际操作的计算过程中不需要出现。

25 本发明的第二个实施例的配置如图 3 所示。在图 3 中, 和第一个实施例中的元件有相同功能的元件由相同的参考号表示, 所以省略对它们的描述。在本实施例中, 校准信号提供器 30-3 包括校准信号发生器 10, 除了两端之外, 对其它端分别与接收机 2-1 到 2-4 相连接的天线元件 1-2 到 1-4 的任一天线元件 1-3 提供校准信号的耦合器。这里的阵列天线是典型的线性阵列天线, 其中位于两端的天线元件 1-1 和 1-6 分别是非反射终端负载 17-1 和 17-2。

校准信号通过除了两端之外的其它端分别与接收机 2-1 到 2-4 相连接天线元件 1-2 到 1-3 的任一天线元件 1-3 传输, 以分别使得邻近天线元件

1-3 的天线元件 1-2 和 1-4 来测量电磁耦合的校准信号。因此测量的校准信号可以用来执行几乎和第一个实施例的方式相同的校准过程。

本发明的第三个实施例的配置如图 4 所示, 在图 4 中, 和第一个实施例中的元件有相同功能的元件由相同的参考号表示, 所以省略对它们的描述。在本实施例中, 校准信号提供器 30-4 包括校准信号发生器 10, 分频器 9, 以及在这种配置中的多个耦合器 221-1 到 221-3, 校准信号传输到从分别连接到接收机 202-1 到 202-8 上的天线元件 201-1 到 201-9 中选出的天线元件的任一编号中。

如图 4 所示, 在本实施例中, 从分别连接到接收机 202-1 到 202-8 上的天线元件 201-1 到 201-9 中选出的天线元件的任一编号传输的是同样的校准信号。

此外, 如图 4 所示, 在本实施例中, 从天线元件 201-2, 201-5, 和 201-9 中传输校准信号也是可能的, 所以这些校准信号可通过邻近的天线元件 201-3, 201-4, 201-6, 及 201-8, 以进行校准。然而, 校准信号处理器 6 的相位差计算器 7 用作相位差, 当四个传播系数的相位是近似线性时给出了一个斜率。因此通过分频器或者耦合器的校准精确性特性, 降低波动的干扰是可能的。

本发明也适用于 TDMA 或 FDMA 通信系统的基站。当它用于 TDMA 通信系统时, 通过分配给校准信号时隙或者使用空时隙测量校准信号, 以在那里输入校准信号。此外, 为多个时隙估算传播系数, 且要经过几何平均。因此使用获得的相位差和校准信号的平均传播系数计算校准系数。另一方面, 如果它用于 FDMA 通信系统, 通过给校准信号分配一个频率信道或者使用空频率信道, 测量校准信号, 以在那里输入校准信号。因此, 为多个频率信道估算传播系数, 并要经过几何平均。由此使用获得的相位差和校准信号的平均传播系数计算校准系数。

如上所述, 可以消除范围为从天线元件的入射表面到接收机的输出路径的相对振幅波动和相对相位波动, 而不用使用外部的校准站, 因此得到精确波束形成的效果。

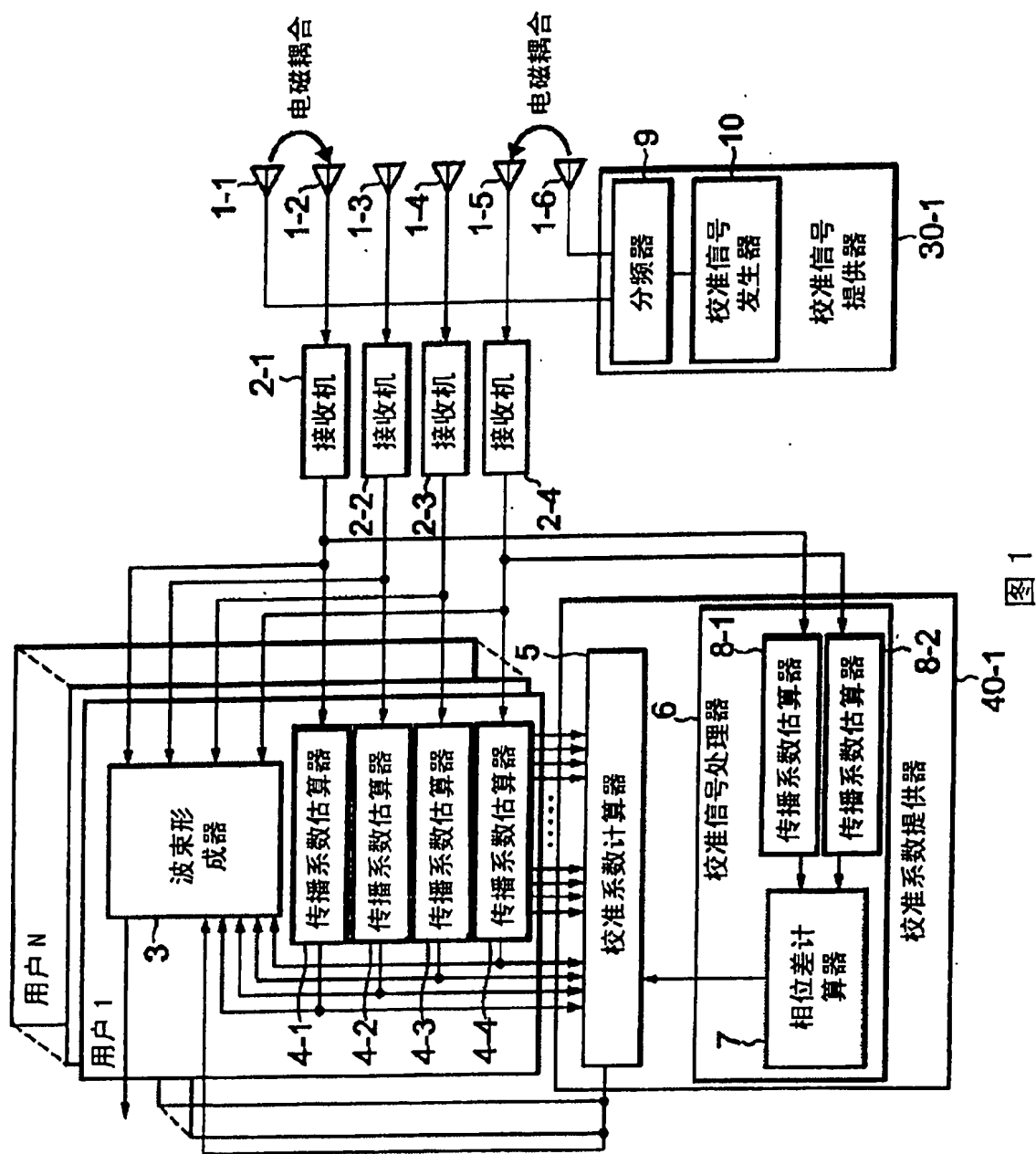


图 1

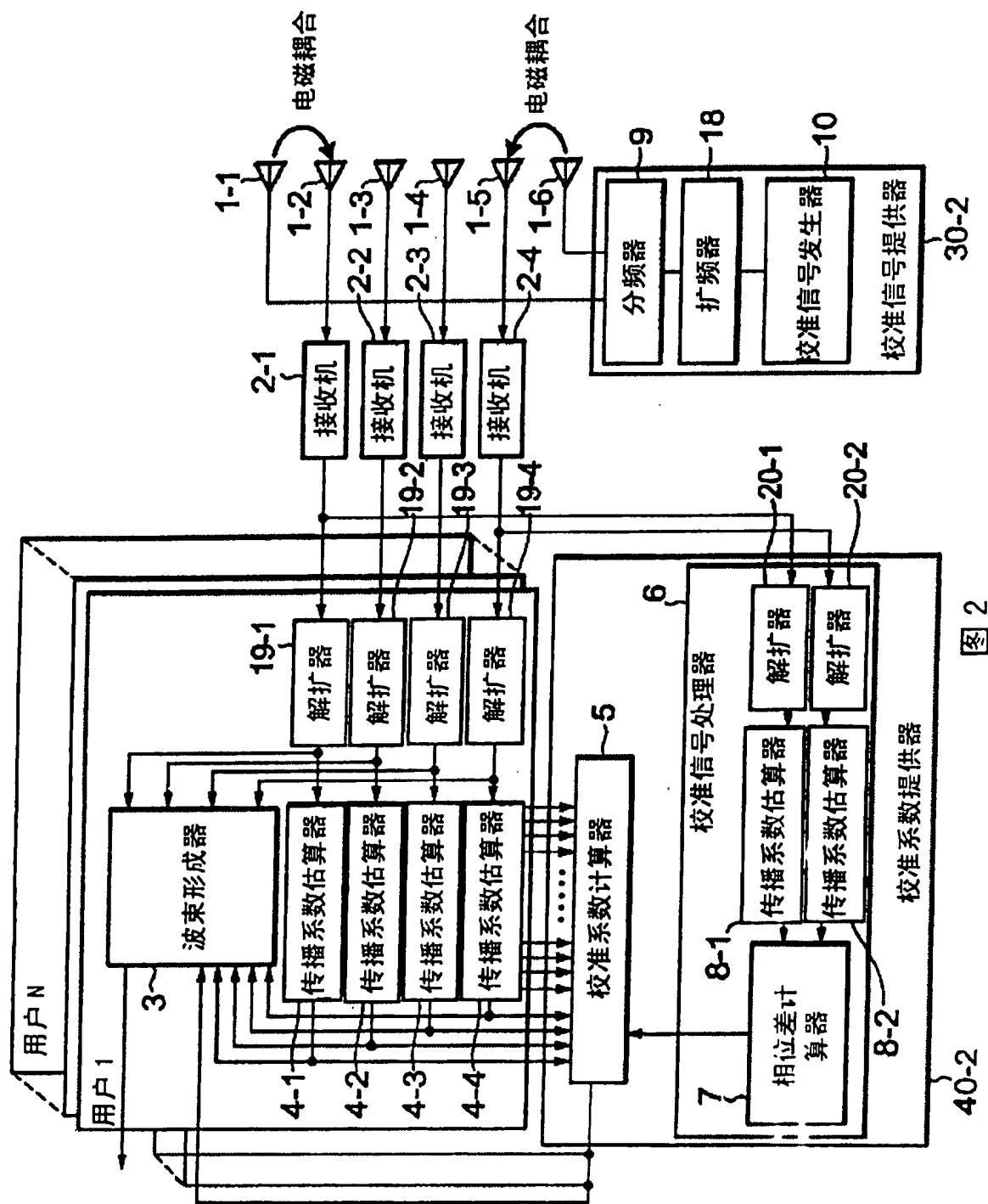


图 2

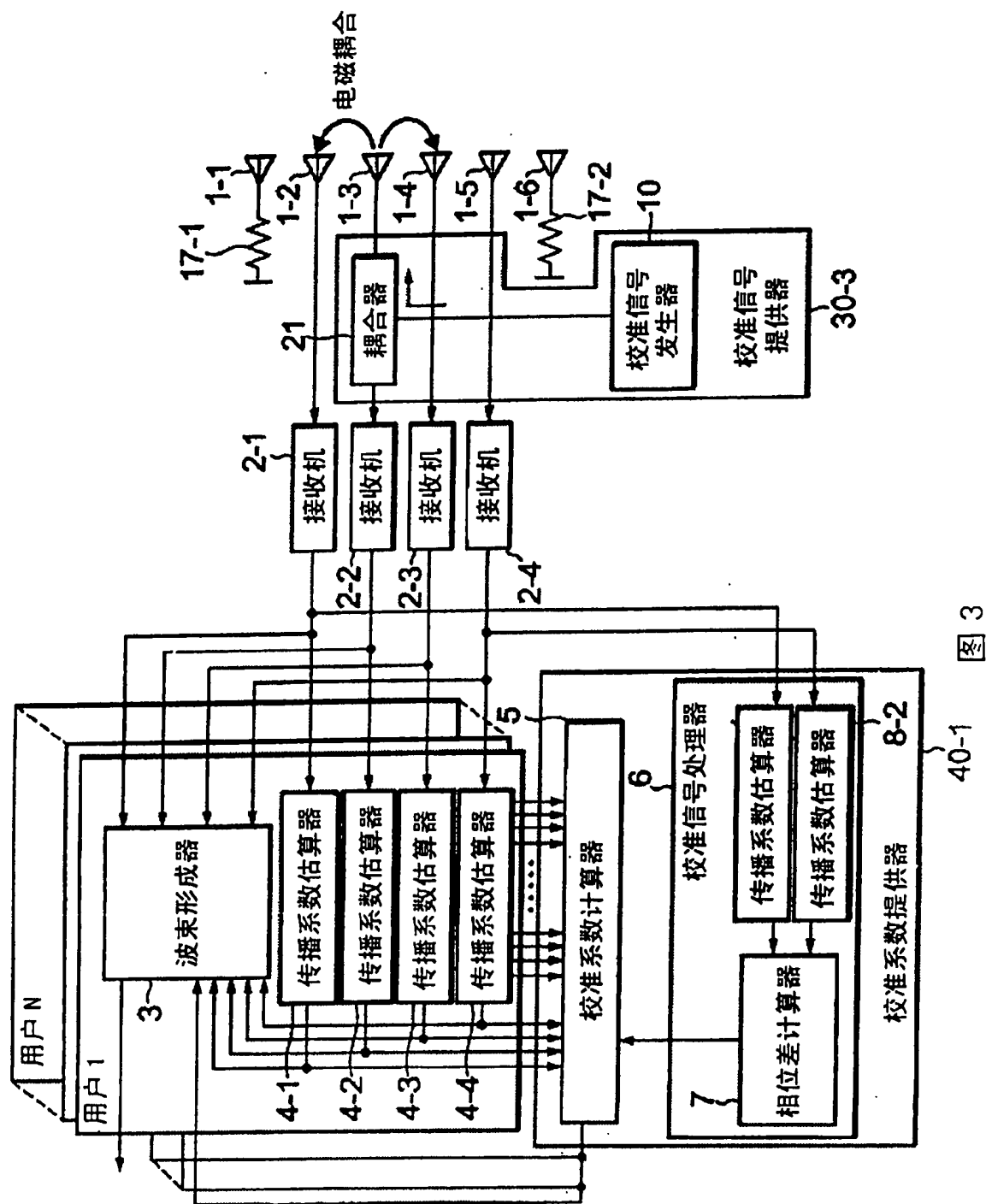
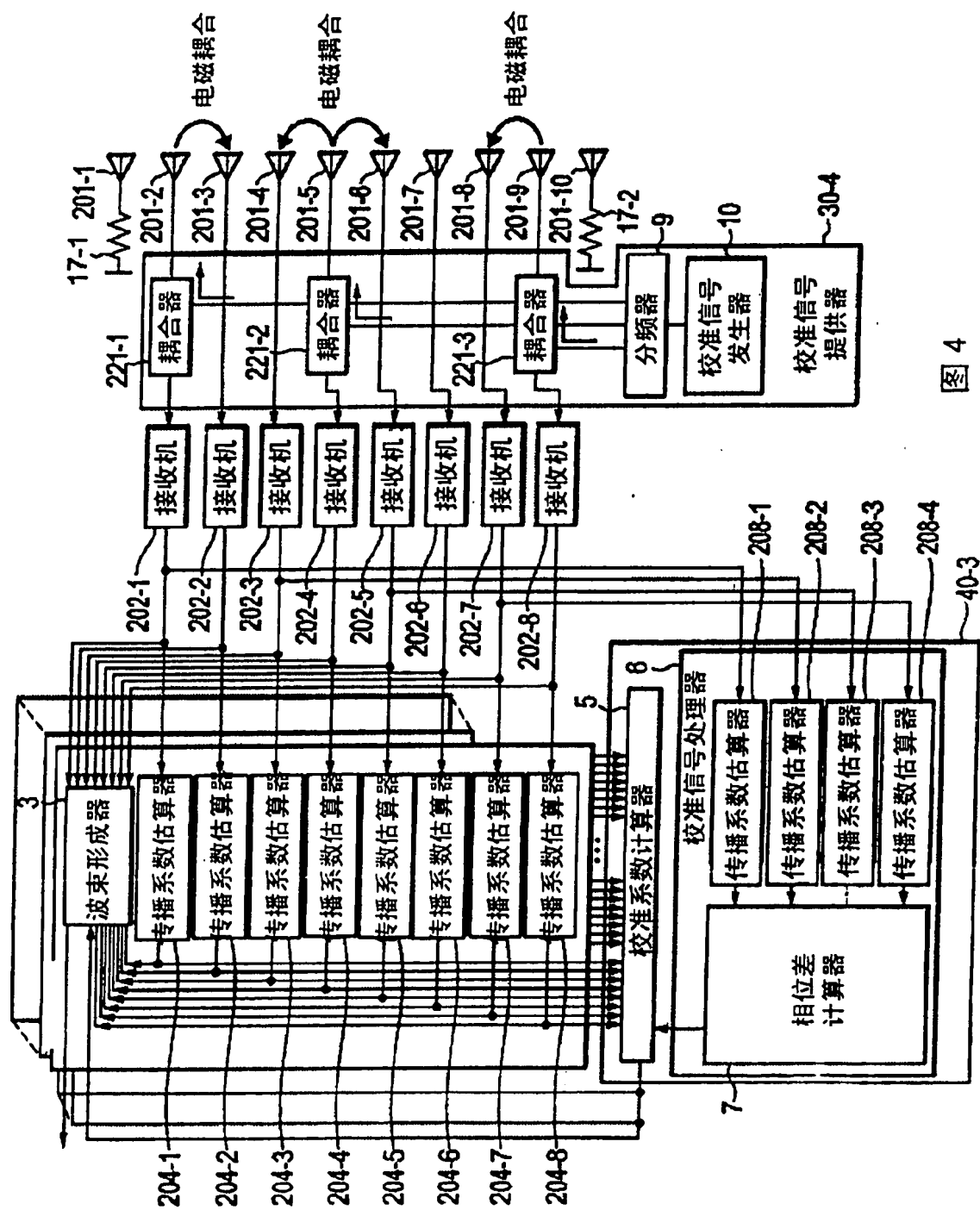


图 3



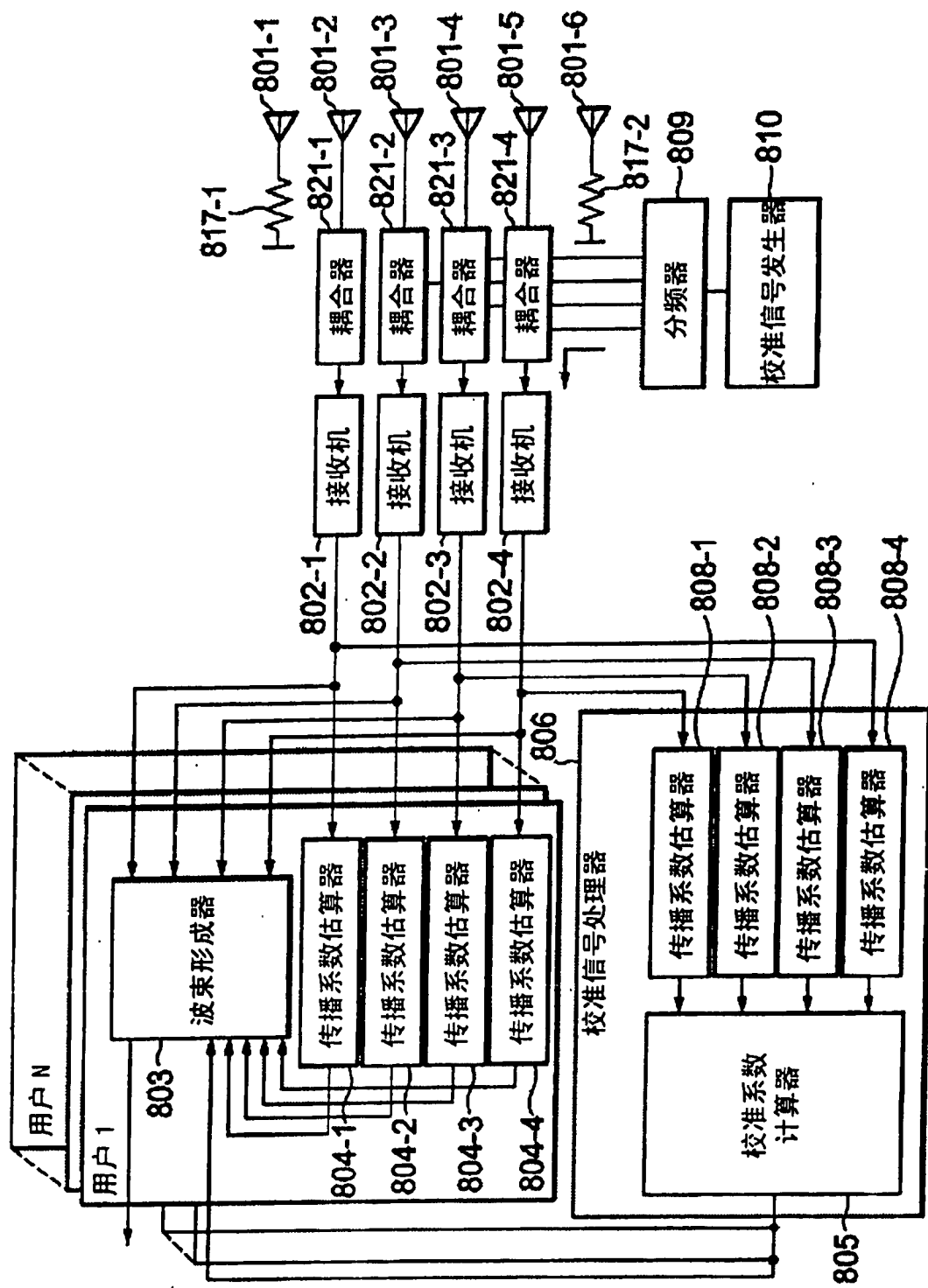


图 5

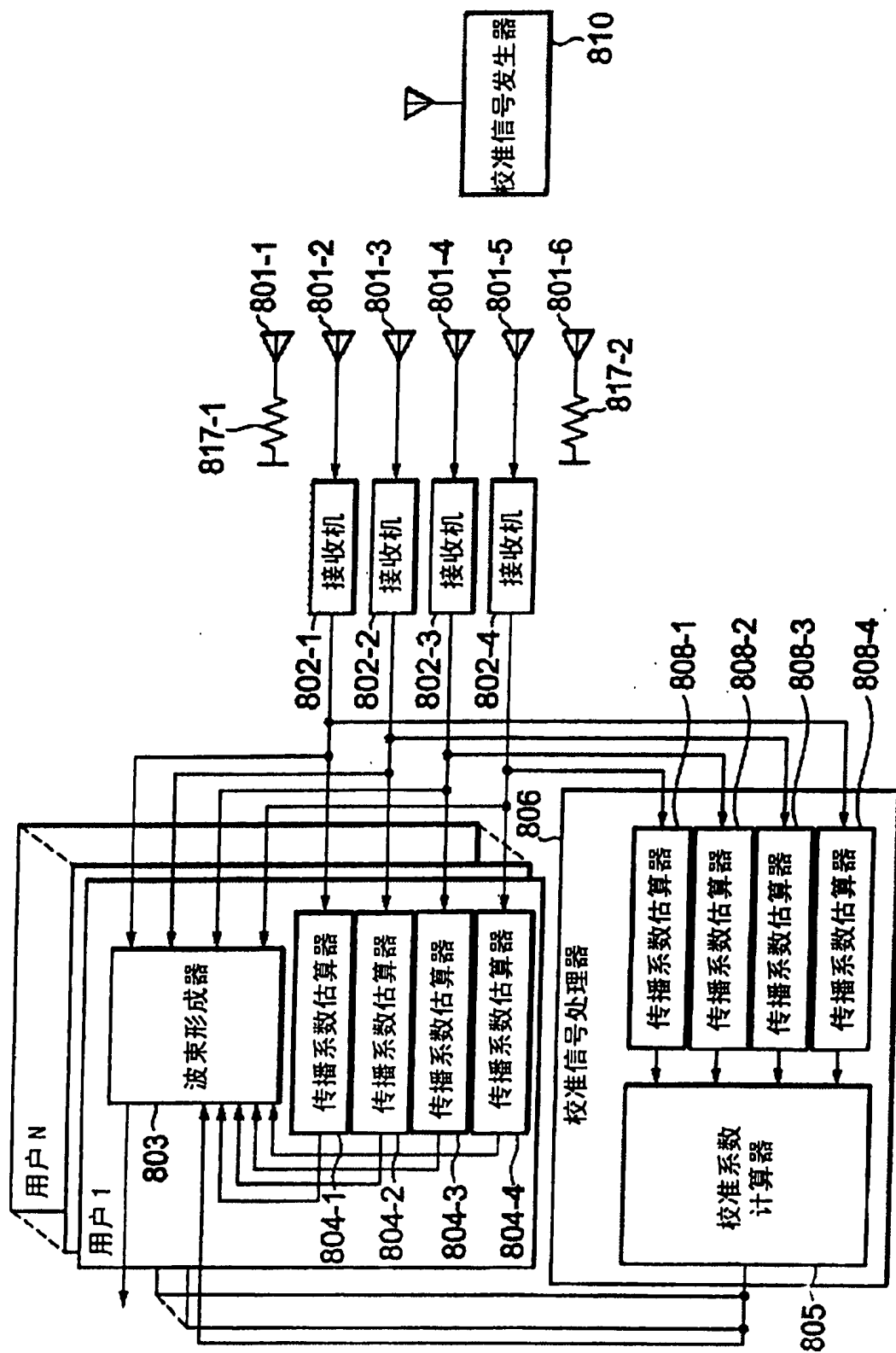


图 6